

Docket No.: MUH-11086



I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to the Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231, on the date indicated below.

By: Markus Nolf

Date: January 15, 2002

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Wolfgang Werner  
Applic. No. : 09/931,689  
Filed : August 16, 2001  
Title : IGBT with PN Insulation and Production Method  
Art Unit : 2814

CLAIM FOR PRIORITY

Hon. Commissioner of Patents and Trademarks,  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 199, based upon the German Patent Application 199 06 384.2, filed February 16, 1999.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Markus Nolf

For Applicant

MARKUS NOLFF  
REG. NO. 37,006

Date: January 15, 2002

Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100  
Fax: (954) 925-1101

/kf

03CO  
8/11/02  
P. Walker  
4-16-02



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 199 06 384.2

**Anmeldetag:** 16. Februar 1999

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG,  
München/DE

**Erstanmelder:** Siemens Aktiengesellschaft,  
München/DE

**Bezeichnung:** IGBT mit PN-Isolation

**IPC:** H 01 L 29/739

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 13. Dezember 2001  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Hoß



Zusammenfassung

IGBT mit PN-Isolation

- 5 Die Erfindung betrifft einen IGBT, der eine schwach dotierte Driftzone (2) des einen Leitungstyps in einem schwach dotierten Halbleitersubstrat (1) des einen Leitungstyps aufweist. Zwischen der Driftzone (2) und dem Halbleitersubstrat (1) befinden sich eine hochdotierte erste Wannenzone (8) des einen
- 10 Leitungstyps und eine hochdotierte zweite Wannenzone (9) des anderen Leitungstyps.

(Fig. 1)

Fig. 1

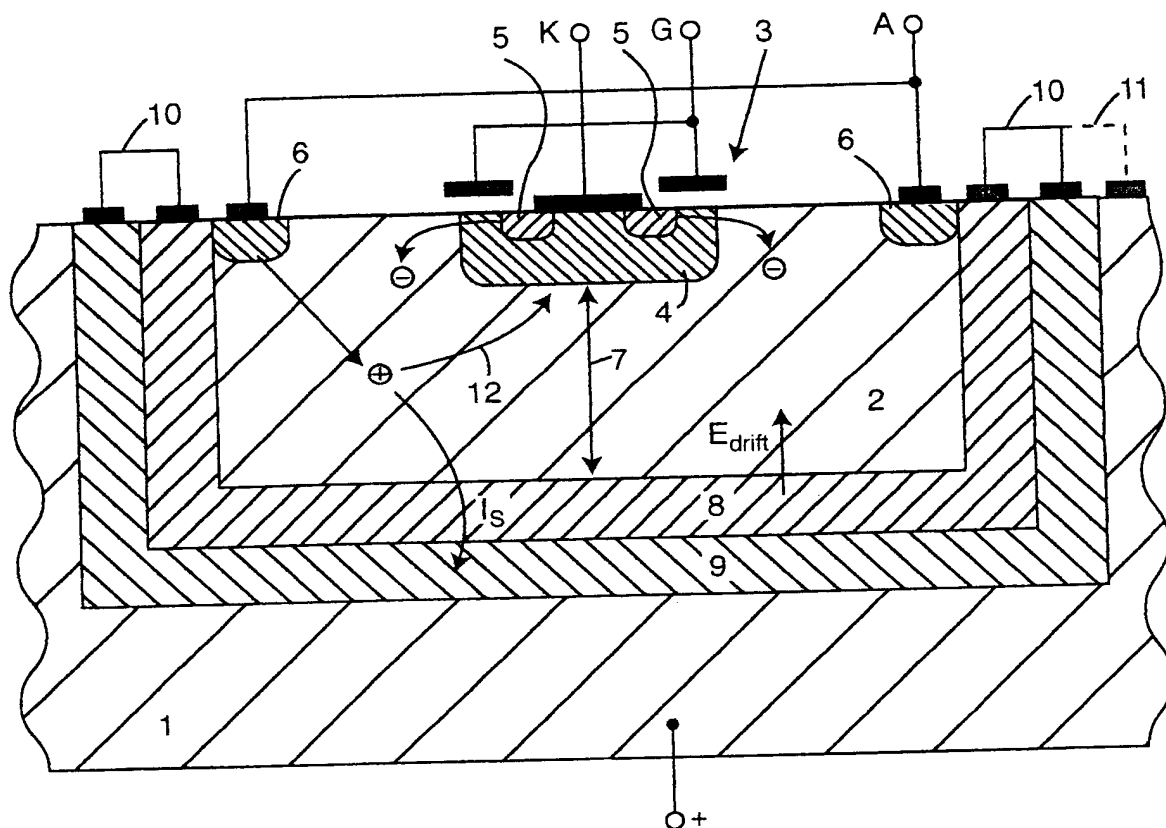
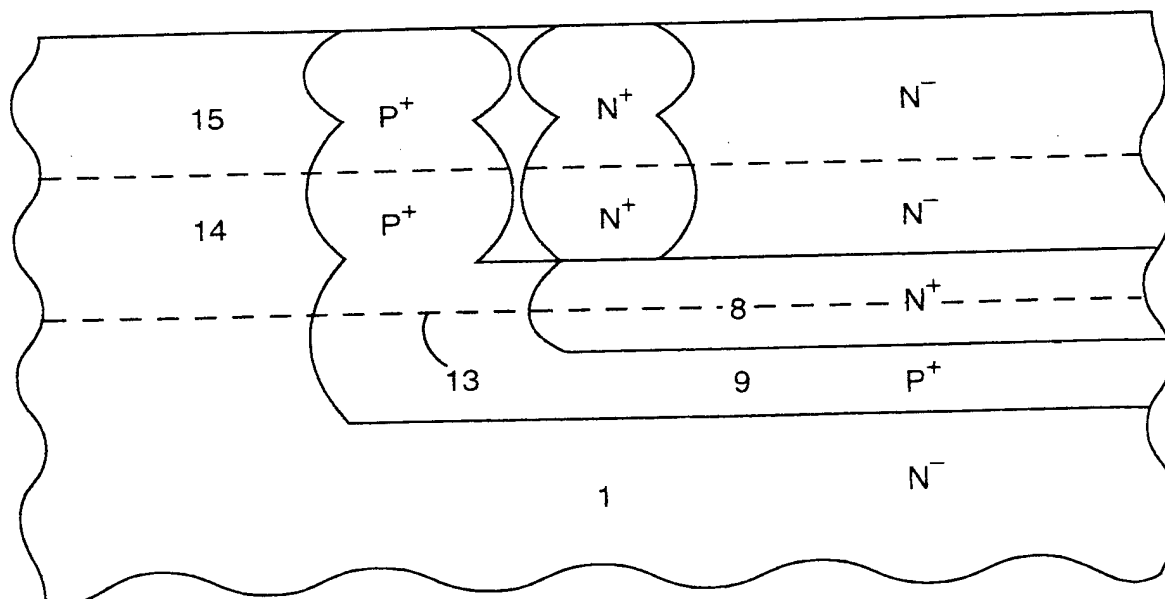


Fig. 2



## Beschreibung

## IGBT mit PN-Isolation

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft einen IGBT (Bipolartransistor mit isoliertem Gate) mit PN-Isolation, mit einer niedrig dotierten Driftzone des einen Leitungstyps, die in einem niedrig dotierten Halbleitersubstrat des einen Leitungstyps vorgesehen ist.

10

- Zur dielektrischen Isolation von benachbarten Halbleiterbauelementen in einer monolithisch integrierten Schaltung gibt es bekanntlich die PN-Isolation und die dielektrische Isolation. Bei der PN-Isolation werden benachbarte Bauelemente  
15 voneinander durch einen PN-Übergang elektrisch getrennt. So ist es beispielsweise aus der US 5 708 290 bekannt, einen N-Kanal-MOS-Feldeffekttransistor, der in eine N-leitende Wanne eingebettet ist, von einem P-Kanal-MOS-Feldeffekttransistor durch ein P<sup>+</sup>-leitendes Gebiet voneinander elektrisch zu isolieren. Andere Beispiele für solche PN-Isolationen sind aus  
20 US 4 881 112 und EP-A1-0 282 734 bekannt.

- Die PN-Isolation hat gegenüber der dielektrischen Isolation erhebliche Vorteile, da sie wesentlich einfacher zu realisieren ist: die erforderlichen PN-Übergänge können ohne weiteres zusammen mit den ohnehin für die Herstellung der einzelnen Bauelemente notwendigen Dotierungsschritten durch Diffusion oder Implantation eingebracht werden, während die dielektrische Isolation die Einbringung von Gräben und deren Auffüllung mit Siliziumdioxid und/oder Siliziumnitrid voraussetzt,  
30 also zusätzlich zu den ohnehin vorzunehmenden Dotierungsschritten, die für die PN-Isolation ausgenutzt werden können, weitere Maßnahmen erforderlich macht. Bei IGBT's, die als "Hochseiten-" (high-side) und "Niedrigseiten-" (low-side)-  
35 Schalter eingesetzt werden, ist die PN-Isolation jedoch bis heute nicht anwendbar (vgl. hierzu "A Dielectric Isolated High-Voltage IC-Technology For Off-Line Applications" von

M. Stoisiej, K.-G. Oppermann, U. Schwalke und D. Takacs in Proceedings of 1995 International Symposium on Power Semiconductor Devices & ICs, Yokohama, Seiten 325-333 und insbesondere Seite 325, linke Spalte, zweiter Absatz), so daß derzeit  
5 ausschließlich die aufwendige dielektrische Isolation benutzt wird. Dies beruht letzten Endes darauf, daß bei Einsatz der üblichen PN-Isolation die für die Funktion des IGBT's erforderliche hohe Konzentration an Minoritätsträgern, insbesondere Defektelektronen, in der Driftzone zu unzulässig  
10 hohen Substratströmen führen würde.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen IGBT anzugeben, bei dem trotz Verwendung einer PN-Isolation das Auftreten von unzulässig hohen Substratströmen vermieden werden kann. Außerdem soll ein Verfahren zum Herstellen eines  
15 solchen IGBT geschaffen werden.

Diese Aufgabe wird bei einem IGBT der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zwischen der Driftzone  
20 und dem Halbleitersubstrat nacheinander eine erste hochdotierte Wannenzone des einen Leitungstyps und eine zweite hochdotierte Wannenzone des anderen, zum einen Leitungstyp entgegengesetzten Leitungstyps vorgesehen sind.

25 In an sich bekannter Weise sind dabei in der Driftzone eine IGBT-Zelle mit einer Kathode und eine die IGBT-Zelle im Abstand am Rand der Driftzone umgebende Anode vorgesehen.

Die beiden Wannenzonen sind auf ihrer Oberfläche durch einen  
30 Kurzschlußbügel miteinander verbunden. An diesen Kurzschlußbügel kann gegebenenfalls auch noch das niedrig dotierte Halbleitersubstrat angeschlossen sein. Dies gilt beispielsweise dann, wenn der eine Leitungstyp der N-Leitungstyp ist und der IGBT als "Hochseiten"-Schalter eingesetzt wird.

35

Der erfindungsgemäße IGBT läßt sich infolge seiner PN-Isolation relativ einfach herstellen: die horizontalen Bereiche

der beiden Wannenzonen können durch Implantation und/oder Diffusion eingebracht werden, während die vertikalen Bereiche dieser Wannenzonen beispielsweise mittels wenigstens zwei Epitaxieschritten und nachfolgenden Implantationen und/oder Diffusionen zu erzeugen sind. Eine andere Möglichkeit besteht darin, Grabenätzungen vorzunehmen und die so erzeugten Gräben anschließend mit  $N^+$ - oder  $P^+$ -dotiertem polykristallinem Silizium zu füllen und dessen Dotierstoff in die benachbarten monokristallinen Silizium-Halbleiterbereiche ausdiffundieren zu lassen.

Bei dem erfindungsgemäßen IGBT wird für die Isolation der Bauelemente also eine Kombination und entsprechende Beschaltung von PN-Übergängen vorgeschlagen, durch die es möglich ist, den Substratstrom grundsätzlich zu vermeiden, wobei aber die Minoritätsladungsträgerdichte in der Driftzone praktisch nicht beeinflußt wird. Hierzu befindet sich bei dem erfindungsgemäßen IGBT die Kathode bzw. die IGBT-Zelle in der Mitte von beispielsweise einer  $N^-$ -leitenden Driftzone, wenn der eine Leitungstyp der N-Leitungstyp ist. Diese  $N^-$ -leitende Driftzone ist nacheinander von einer  $N^+$ -leitenden ersten Wannenzone und einer  $P^+$ -leitenden zweiten Wannenzone umgeben.

Bereits das an dem Übergang zwischen der  $N^+$ -leitenden ersten Wannenzone und der  $N^-$ -leitenden Driftzone auftretende Driftfeld bewirkt, daß nur ein kleiner Teil der Defektelektroden diese Barriere zu überwinden vermag und in die  $P^+$ -leitende Wannenzone gelangt. Versuche haben gezeigt, daß dieser Anteil unter 1 % liegt.

In der  $P^+$ -leitenden Wannenzone sind aber die Defektelektroden Majoritätsladungsträger. Da nun der PN-Übergang zwischen den beiden Wannenzonen durch den Kurzschlußbügel kurzgeschlossen ist, fließt der Strom zur Kathode ab. In das  $N^-$ -leitende Halbleitersubstrat, das auf dem positivsten Potential der in der Schaltung vorhandenen Potentiale liegt, können damit keine Minoritätsladungsträger gelangen.

Es ist also möglich, einen solchen IGBT als "Hochseiten"-Schalter und als "Niedrigseiten"-Schalter beispielsweise für Brücken Anwendungen monolithisch zu integrieren, ohne eine aufwendige dielektrische Isolation einsetzen zu müssen.

Es sei angemerkt, daß in dem obigen Beispiel die Leitungstypen selbstverständlich auch umgekehrt sein können. Ebenso ist es auch möglich, in die jeweiligen Wannen, die durch die beiden Wannenzonen gebildet werden, andere Bauelemente, wie beispielsweise CMOS-Transistoren oder Bipolartransistoren einzubauen.

Abschätzungen zeigen, daß Scheiben mit den erfindungsgemäßen IGBT eine Kostenreduktion bis etwa 50 % gegenüber Scheiben erlauben, in denen herkömmliche IGBT's mit dielektrischer Isolation vorgesehen sind.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schnittbild durch ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen IGBT's

Fig. 2 und 3 Schnittbilder zur Erläuterung von zwei verschiedenen Verfahren zur Herstellung der Wannenzonen bei dem IGBT von Fig. 1.

In Fig. 1 ist ein IGBT nach einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dargestellt. In einem N<sup>-</sup>-leitenden Halbleiterkörper 1 aus beispielsweise Silizium ist eine N<sup>-</sup>-leitende Driftzone 2 vorgesehen, in der eine IGBT-Zelle 3 mit einer P-leitenden Zone 4 und N<sup>+</sup>-leitenden Zonen 5 angeordnet ist. Die Zonen 4, 5 sind durch eine Kathodenelektrode K kontaktiert, während über den Kanalbereichen der P-leitenden Zone 4 zwischen den Zonen 5 und der Driftzone 2 Gateelektroden G angeordnet sind. Außerdem ist am Rand der Driftzone 2 noch



5

eine P-leitende Ringzone 6 mit einer Anodenelektrode A vorgesehen.

5 Die Driftzone 2 weist unterhalb der P-leitenden Zone 4 eine aktive Schicht mit einer Dicke  $d_{\text{epi}}$  auf, wie dies durch einen Doppelpfeil 7 angedeutet ist.

10 Erfindungsgemäß befinden sich zwischen der Driftzone 2 und dem Halbleitersubstrat 1 eine  $N^+$ -leitende erste Wannenzone 8 sowie eine  $P^+$ -leitende zweite Wannenzone 9. Die beiden Wannenzonen 8, 9 sind durch Kurzschlußbügel 10 miteinander verbunden. Dieser Kurzschlußbügel kann sich bei einem "Hochseiten"-Schalter auch bis zu dem Halbleitersubstrat 1 erstrecken, wie dies durch eine Strichlinie 11 angedeutet ist.

15

Das an dem Übergang zwischen der  $N^+$ -leitenden ersten Wannenzone 8 und der  $N^-$ -leitenden Driftzone 2 auftretende elektrische Feld  $E_{\text{drift}}$  bewirkt, daß nur ein kleiner Teil der Defektelektronen, die aus der P-leitenden Zone 6 austreten, diesen Übergang zu überwinden vermag und in  $P^+$ -leitende zweite Wannenzone 9 gelangt, so daß allein schon durch diese Maßnahme ein Substratstrom  $I_s$  sehr klein ist. In der  $P^+$ -leitenden zweiten Wannenzone 9 sind die Defektelektronen Majoritätsladungsträger. Da nun der PN-Übergang zwischen den beiden Wannenzonen 8, 9 durch die Kurzschlußbügel 10 kurzgeschlossen ist, fließt der Strom zu der Kathode ab (vgl. den Pfeil 12), so daß in das  $N^-$ -dotierte Halbleitersubstrat 1, das den positivsten Potentialwert der gesamten Schaltungsanordnung hat, keine Minoritätsladungsträger gelangen.

30

Es ist somit auf einfache Weise, d.h. mittels PN-Isolation, möglich, den IGBT als "Hochseiten"-Schalter und als "Niedrigseiten"-Schalter monolithisch zu integrieren, ohne die aufwendige dielektrische Isolation einsetzen zu müssen.

35

Für eine Sperrspannung von beispielsweise 600 V ist eine Dicke  $d_{\text{epi}}$  der aktiven Schicht der Driftzone 2 von etwa 35  $\mu\text{m}$

6

ausreichend. Die Wannenzonen 8, 9 können um beispielsweise eine Größenordnung höher dotiert sein als die Driftzone 2. Es sind aber auch noch höhere Dotierungen der Wannenzonen 8, 9 in bezug auf die Driftzone 2 möglich. Die Driftzone 2 selbst ist in üblicher Weise dotiert.

Die Fig. 2 und 3 zeigen, wie der erfindungsgemäße IGBT auf einfache Weise hergestellt werden kann. Dabei werden in den Fig. 2 und 3 für einander entsprechende Teile die gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 1 verwendet.

In Fig. 2 werden in ein  $N^-$ -leitendes Halbleitersubstrat 1, das zunächst an einer durch eine Strichlinie 13 angedeuteten Oberfläche endet, durch Diffusion oder Implantation die "Bodenbereiche" der Wannenzonen 8, 9 eingebracht. Sodann werden zwei Epitaxieschichten 14, 15 aufgetragen, wobei nach Anbringen jeder einzelnen Epitaxieschicht 14 bzw. 15 vor Auftragen der nächsten Epitaxieschicht durch Implantation und/oder Diffusion der jeweilige vertikale Bereich der Wannenzonen 8, 9 aufgebaut wird.

In Fig. 3 ist ein anderes Verfahren zum Herstellen der Wannenzonen 8, 9 bei dem erfindungsgemäßen IGBT veranschaulicht. Die Bodenbereiche dieser Wannenzonen 8, 9 werden dabei zunächst in gleicher Weise wie bei dem Ausführungsbeispiel von Fig. 2 erzeugt. Sodann werden aber in eine Epitaxieschicht 16 Gräben 17, 18 eingebracht, die mit  $P^+$ -leitendem polykristallinem Silizium 19 bzw.  $N^+$ -leitendem polykristallinem Silizium 20 gefüllt werden. Aus diesem polykristallinem Silizium 19, 20 wird sodann eine Ausdiffusion vorgenommen, so daß die PN-Übergänge 21 in den monokristallinen Bereich zu liegen kommen.

M

## Bezugszeichenliste

	1	Halbleitersubstrat
	2	Driftzone
5	3	IGBT-Zelle
	4	P-leitende Zone
	5	N <sup>+</sup> -leitende Zone
	6	P-leitende Zone
	7	Dicke der aktiven Schicht der Driftzone
10	8	erste Wannenzone
	9	zweite Wannenzone
	10	Kurzschlußbügel
	11	Kurzschlußbügel zu Halbleitersubstrat
	12	Defektelektronen-Strom
15	13	Oberfläche von Halbleitersubstrat 1
	14	erste Epitaxieschicht
	15	zweite Epitaxieschicht
	16	Epitaxieschicht
	17	Grabenätzung
20	18	Grabenätzung
	19	P <sup>+</sup> -leitendes polykristallines Silizium
	20	N <sup>+</sup> -leitendes polykristallines Silizium
	21	PN-Übergang

## Patentansprüche

1. IGBT mit PN-Isolation, mit einer niedrig dotierten Driftzone (2) des einen Leitungstyps, die in einem niedrig dotiertem Halbleitersubstrat (1) des einen Leitungstyps vorgesehen ist,

5 da durch gekennzeichnet,  
daß zwischen der Driftzone (2) und dem Halbleitersubstrat (1) nacheinander eine erste hochdotierte Wannenzone (8) des einen  
10 Leitungstyps und eine zweite hochdotierte Wannenzone (9) des anderen, zum einen Leitungstyp entgegengesetzten Leitungstyps vorgesehen sind.

2. IGBT nach Anspruch 1,

15 da durch gekennzeichnet,  
daß in der Driftzone (2) eine IGBT-Zelle (3) mit einer Kathode (4, 5; K) und einer die IGBT-Zelle (3) im Abstand am Rand der Driftzone (2) umgebende Anode (6; A) vorgesehen sind.

20 3. IGBT nach Anspruch 1 oder 2,

da durch gekennzeichnet,  
daß die beiden Wannenzonen (8, 9) auf ihrer Oberfläche durch einen Kurzschlußbügel (10) miteinander verbunden sind.

25 4. IGBT nach Anspruch 1 oder 2,

da durch gekennzeichnet,  
daß die beiden Wannenzonen (8, 9) und das Halbleitersubstrat (1) auf ihren Oberflächen durch einen Kurzschlußbügel (10, 11) miteinander verbunden sind.

30

5. Verfahren zum Herstellen der Wannenzonen für den IGBT nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

da durch gekennzeichnet,  
daß horizontale Bereiche der Wannenzonen (8, 9) durch Implantation und/oder Diffusion hergestellt werden, und daß vertikale Bereiche der Wannenzonen (8, 9) durch wenigstens zwei  
35

Epitaxieschritte (14, 15) mit nachfolgender Implantation und/oder Diffusion hergestellt werden.

- 5 6. Verfahren zum Herstellen der Wannenzonen für den IGBT nach  
einem der Ansprüche 1 bis 4,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß horizontale Bereiche der Wannenzonen (8, 9) durch Implan-  
tation und/oder Diffusion hergestellt werden, und daß verti-  
10 kale Bereiche der Wannenzonen (8, 9) durch Grabenätzung (17,  
18) mit anschließender Auffüllung der Gräben mit dotiertem  
polykristallinem Silizium (19, 20) und Ausdiffusion (vgl. 21)  
hergestellt werden.

Fig. 1

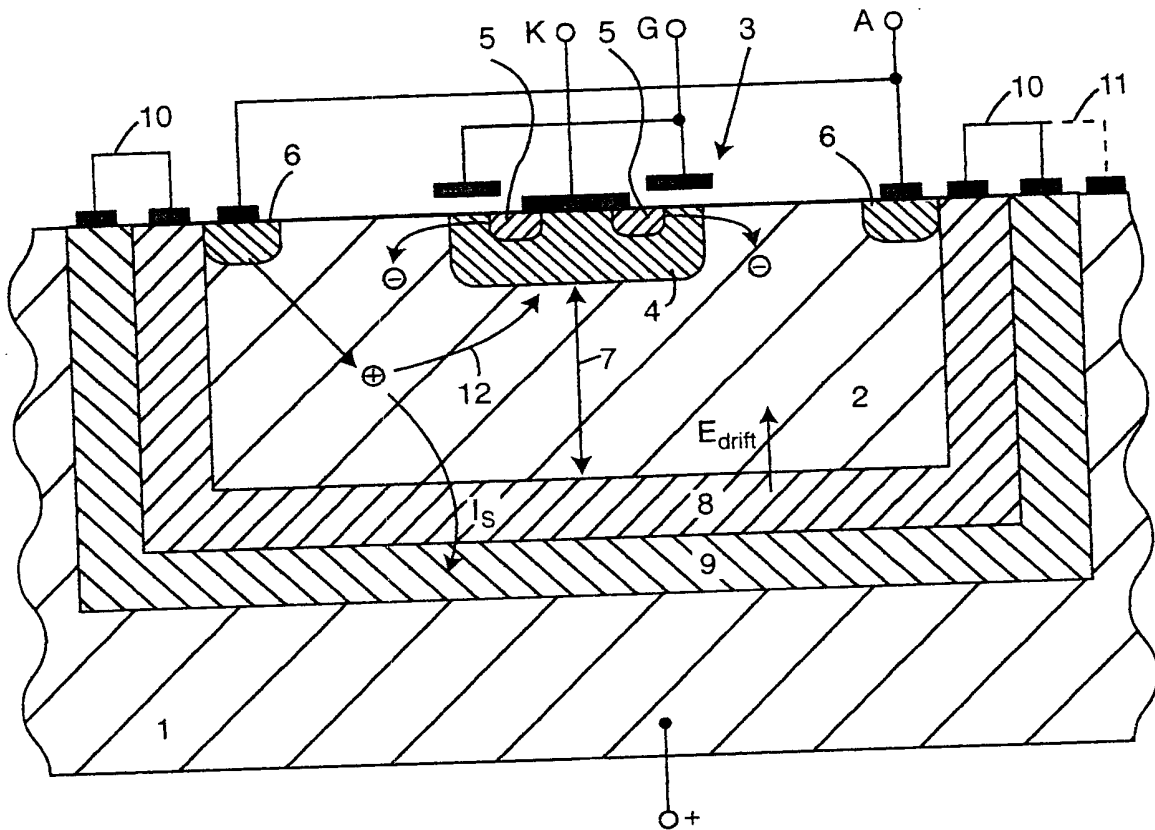


Fig. 2

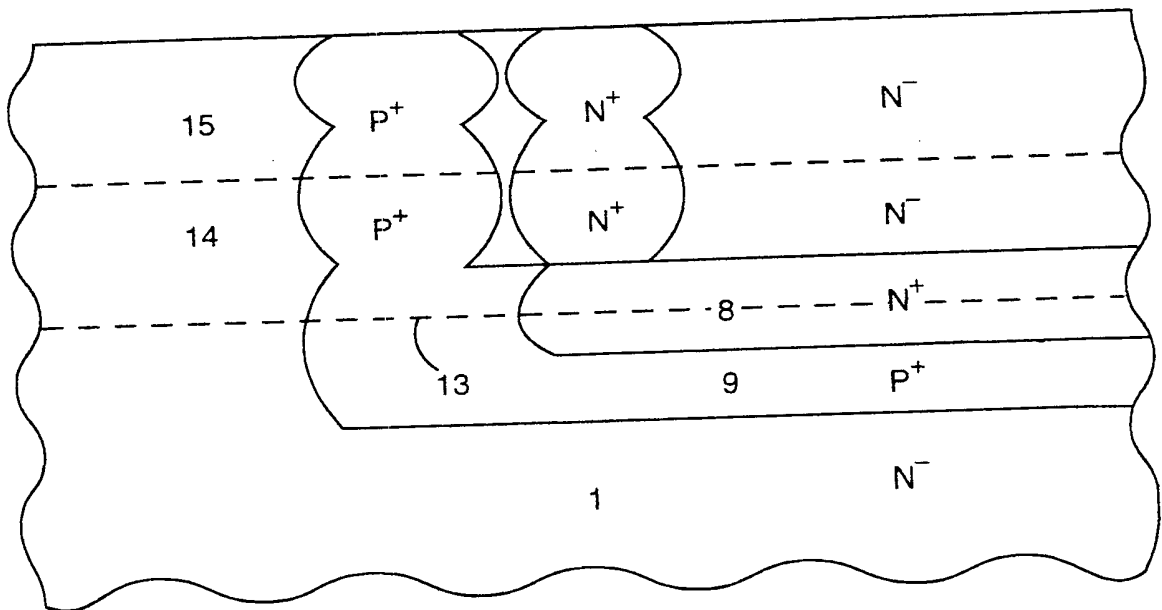


Fig. 3

